

**IGE.U.**  
**INGEGAR INGENIERIA E.U.**

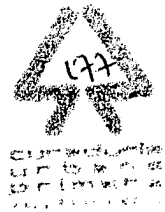
Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos  
Nit. 900055611-1

188  
229

**INFORME FINAL ESTUDIO DE SUELOS  
PROYECTO  
URBANIZACION LA MADRID  
VILLAVICENCIO - META.**

**INTERESADO:  
VILLAVIVIENDA**

**VILLAVICENCIO- META, MAYO DE 2010**



05 OCT 2010

ybl

## INFORME FINAL ESTUDIO DE SUELOS PROYECTO URBANIZACION LA MADRID VILLAVICENCIO - META.

### 1. GENERALIDADES

Se ha realizado el estudio de suelos con el objeto de evaluar el comportamiento del subsuelo frente a los cambios estructurales que va a presentar.

Para esto se han programado de manera previa la ejecución de veinte sondeos en la zona donde esta proyectada la construcción del Proyecto URBANIZACION LA MADRID. Se analizarán las propiedades físicas, gravimétricas y mecánicas del suelo, informándolas al profesional encargado con el objeto de modelar un diseño estructural eficiente y funcional.

### 2. LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL PROYECTO

La zona del proyecto se encuentra localizada en área rural del Municipio de Villavicencio, más exactamente en inmediaciones del predio La Madrid que consta de soluciones de vivienda de interés social unifamiliares Unidad de planeamiento 3; para este caso se han hecho los estudios correspondientes a las denominadas Supermanzanas 5 (Área: 40800 m<sup>2</sup>), 6 (Área: 38890 m<sup>2</sup>), 7 (Área: 47900 m<sup>2</sup>) y 9 (Área: 39500 m<sup>2</sup>).

La ciudad de Villavicencio, capital del Departamento del Meta, esta localizada en la margen izquierda del río Guatiquia, a los 4° 09' 12" de latitud norte y 73° 39' 06" de longitud oeste. La altura de la ciudad es de 467 metros sobre el nivel del mar. El área municipal es de 1.262 km<sup>2</sup> y esta limitada al norte por los municipios de Restrepo y el Calvario, al oriente por Puerto López, al sur por San Carlos de Guaroa y Acacias y al occidente por el municipio de Acacias y el

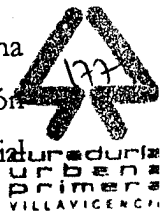
756  
228 T59

Departamento de Cundinamarca. La población total es de 331.417 habitantes, que se distribuyen 285.425 en la cabecera municipal y 45.992 en la zona rural. Su distancia con la capital del país es de aproximadamente 126 kilómetros.

Fisiográficamente el municipio presenta dos grandes unidades: la parte plana o llana y la vertiente de cordillera que incluye el Piedemonte. Dentro de la primera se puede identificar planicies aluviales y terrazas aluviales con diferentes elevaciones y valles. La vertiente de la cordillera se puede dividir en pie de vertiente con los abanicos fluvio-terrestres, laderas irregulares muy disectadas y colinas. Los procesos morfodinámicos en el municipio de Villavicencio pueden agruparse en dos grandes unidades: procesos erosivos y procesos de sedimentación. Los primeros se presentan en las vertientes de la cordillera (parte alta de los ríos Guatiquía y Guayuriba, y parte alta de las microcuencas del piedemonte y los segundos en la zona de la llanura.

En cuanto a su geología, el municipio se encuentra en la vertiente este de la cordillera oriental que está constituida por esquistos metamórficos en forma de inclusiones entre lutitas y areniscas cretácicas. En la parte baja se encuentran depósitos terciarios y los aluviones de los ríos. Las rocas sedimentarias próximas a la ciudad de Villavicencio se encuentran fuertemente plegadas y falladas a partir del levantamiento de la cordillera oriental durante el Mio-plioceno. El área de las colinas próximas a Villavicencio que se localizan en la parte media y alta de las microcuencas de los caños Parrado, Gramalote, Maizaro y Buque, se encuentran sumamente fracturadas debido a dos fallas principales del sistema de falla del Piedemonte Llanero. La falla de Servitá-Restrepo y la falla Mirador-Restrepo con actividad neotectónica.

A partir de la concentración de lluvias en el Piedemonte llanero y la zona de cordillera se ha producido una intensa red hidrográfica. Sobre las laderas y colinas se observa un patrón dendrítico a subdendrítico con muestras locales de control estructural, marcadamente radial



05 OCT 2010

185  
228  
TS

sobre los abanicos Honda, Buque, Maizaro y Parrado, y una dinámica de ríos trezados y meándricos en la zona de llanura. Básicamente Villavicencio es limitado en tres costados por los ríos Guatiquía y Guayuriba en aproximadamente 130 km. Otras quebradas como Honda, el Guadual, Negra y Salinas sirven igualmente de límite en longitud aproximadamente 40 km. La cuenca del río Meta es la receptora de los afluentes del Municipio de Villavicencio, y ella a la vez vierte sus aguas a la gran cuenca del Orinoco.

La temperatura promedio de la ciudad es de 27°C con variaciones mínimas durante el año, la humedad relativa es muy alta (80%) disminuyendo en los meses donde la temperatura aumenta (enero a marzo) hasta un 66% y las precipitaciones promedio de 4300 mm anuales. Por su ubicación en el pie de la cordillera las lluvias cambian bastante de una a otra parte de la ciudad. La cordillera y el Piedemonte se caracterizan por ser zonas de grandes precipitaciones, la gran mayoría de origen orográfico. En la cuenca alta del río Guatiquía las mayores precipitaciones se presentan en las partes bajas de las microcuencas que no están al abrigo de los vientos. En las cabeceras de las subcuencas hidrográficas de los ríos Guatiquía y Guayuriba, se presenta un núcleo de precipitación máxima, en el cual se registra un total de precipitaciones promedio anual de 6000 mm. En cuanto a la zona de llanura la precipitación varía de 2900 a 4000 mm presentándose menores cantidades de lluvias hacia el Este del municipio. El régimen de precipitación en el municipio se caracteriza por presentar un período lluvioso entre los meses de abril a noviembre y un período seco entre los meses de diciembre a marzo.

En cuanto a la infraestructura física para el transporte terrestre y aéreo intermunicipal e interdepartamental, la ciudad cuenta con un terminal de transportes y el aeropuerto de Vanguardia, que por el intenso flujo diario de vuelos comerciales hacia la Orinoquia, la Amazonia y al resto de Colombia se le considera dentro de los más importantes del país. Los principales corredores viales dentro de la ciudad se resumen a la avenida del Llano, Circunvalar, Alfonso López, Los Maracos y la Avenida Cuarenta, de igual manera el Anillo Vial

154  
225

y la vía a Catama. Estos corredores se pueden relacionar de acuerdo a su función de distribuidores del transporte urbano así: Anillo vial central, Avenida del Llano, Avenida Circunvalar y Anillo Perimetral.

El municipio esta ubicado a 467 mts sobre el nivel del mar. La temperatura promedio de la ciudad es de 27°C con variaciones mínimas durante el año, la humedad relativa es muy alta y las precipitaciones promedio de 430 mm anuales

Por su ubicación en el pie de la cordillera, las lluvias cambian bastante de una a otra parte de la ciudad. El régimen de precipitación en el municipio se caracteriza por presentar un período lluvioso entre lo meses de abril a noviembre y un período seco entre los meses de diciembre a marzo. La humedad relativa promedio es del 80% disminuyendo en los meses donde la temperatura aumenta (enero a marzo) hasta un 66%. La población de Villavicencio ubica a la ciudad en el puesto número 18 de la Red Urbana Colombiana, pero por la cantidad y complejidad de las actividades económicas, sociales y de servicios que se cumplen en su territorio, clasifican en el puesto No. 12 de la Red Urbana Colombiana.

### 3. GEOLOGIA

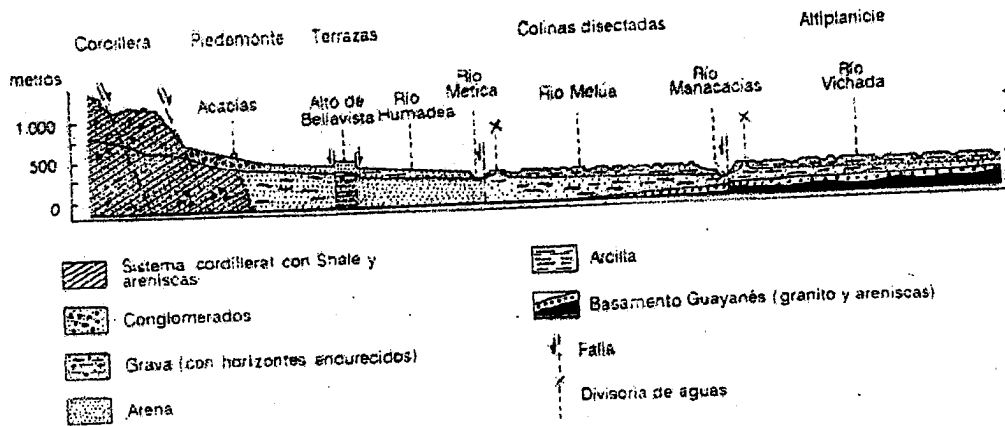
En el área cercana a la ciudad de Villavicencio afloran rocas metamórficas, sedimentarias y depósitos cuaternarios que cubren parcialmente las unidades rocosas presentes. Esta región en sus comienzos (Pre-paleozoico a Paleozoico Inferior), correspondía a un depósito sedimentario, constituido por una secuencia areno-lodosa en ocasiones conglomerática, que sufrió metamorfismo durante el Paleozoico, constituyendo la etapa terminal del depósito del escudo o una etapa post-escudo (Grupo Quetame). De esta forma el metamorfismo modela la estructura geológica del área trayendo consigo el afloramiento de rocas cuyos periodos corresponden al Precámbrico, Devoniano, Carboniano, Jurasico Superior hasta llegar al Paleol-

153  
~~156~~  
2025

Eoceno; siendo la formación más antigua presente en el área, la correspondiente al Grupo Quetame (Precámbrico a Silurico Ordovícico).

### Perfil geomorfológico del departamento del Meta

PERFIL GEOMORFOLOGICO Y ESTRUCTURAL DEL META Y TIERRAS ADYACENTES



#### 4. CLIMA

Según la clasificación climática de KOEPPEN, el clima es am: caliente y húmedo de monzones que se caracteriza por su fuerte pluviosidad, atemperado por un periodo verdaderamente seco.

El clima de la región es de tipo tropical estacional, la dinámica de la estacionalidad está ligada a las oscilaciones en dirección. N-S-N de la zona de convergencia intertropical (Z.C.I.T) de poder climático.

La estación seca está comprendida entre los meses de diciembre a marzo (60mm/mes promedio, hasta 0mm/mes promedio). En febrero período más seco, pueden presentarse

152  
~~152~~  
203

déficit hídrico. En esta época se presentan los días de temperatura máxima (35°C o más), y las mayores oscilaciones hasta 15°C o más entre el día y la noche, así como los vientos más fuertes procedentes de N. E.

La estación lluviosa que se extiende desde abril hasta noviembre, se caracteriza por los altos volúmenes de precipitación promedio hasta 510 mm/mes.

Se presentan períodos cortos llamados veranillos (15 a 18 días continuos, o interrumpidos por algunas lluvias), generalmente entre los meses de agosto y septiembre. Las precipitaciones se caracterizan por ser en general de alta intensidad (Volumen/tiempo) lo que les confiere un gran poder erosivo en los suelos desprotegidos, los números de días lluviosos al año son del orden de 200 a 220, con 25 días lluviosos de cada uno de los meses de mayo, junio y julio.

## 5. CARACTERIZACION DEL PROYECTO DE OBRA CIVIL

Se contempla la Construcción del Proyecto Urbanización La Madrid Unidad de Planeamiento 3, Supermanzanas 5, 6,7 y 9; en zona rural del Municipio de Villavicencio; esta obra está considerada dentro del Grupo I "Estructuras de ocupación normal", según las Normas NSR 98.

### 5.1. EXPLORACION DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS

Para investigar las propiedades geotécnicas, las características físicas y propiedades mecánicas del subsuelo, se realizaron Veinte (20) sondeos a cielo abierto, con Equipo de Percusión y Perforación Manual, acoplado para Prueba de Penetración Estándar. La profundidad para el sondeo fue de - 10.00 mts promedio. Para este caso se ejecutaron cinco (05) sondeos en cada supermanzana.

154  
222  
154

En la perforación se registraron las condiciones estratigráficas del subsuelo y se recuperaron simultáneamente muestras representativas a diferentes profundidades. En las capas de suelo se hizo ensayo de penetración estándar SPT, con la recuperación de muestras en tubo partido y muestreador de ventana lateral.

Las muestras obtenidas durante la exploración se identificaron visualmente en campo, se empacaron y rotularon debidamente para llevarles a Laboratorio en donde se seleccionaron representativamente para realizar los ensayos correspondientes.

Todos los materiales encontrados y las muestras obtenidas, fueron identificados visualmente y sobre ellas se realizaron los siguientes ensayos: Humedad natural, lavados sobre tamiz 200, Granulometría, límites de atterberg, Determinación de los pesos específicos, Prueba de Penetración Estándar (S.P.T.) se graficaron las columnas estratigráficas con la variación de las propiedades de índice y resistencia con respecto a la profundidad.

Para establecer las propiedades de resistencia y compresibilidad se realizaron los cálculos correspondientes a ensayo de penetración estándar, asentamientos (Terzaghi), capacidad de carga última y admisible, y módulo de reacción del suelo.

No se realizó recuperación de muestras en tubo shelby debido a que los materiales cohesivos presentaron partículas de grava fina de tamaño mayor al retenido en tamiz No. 4, situación que califica el ensayo como inválido.

Se anexan, los resultados de los ensayos de Laboratorio y un Informe final que contiene el análisis, recomendaciones y conclusiones del presente Estudio, así como el formato de cada una de las pruebas efectuadas a los materiales.



150  
 221

Contemplando las especificaciones del capítulo H del NSR 98, Numeral H.3.2.4, se tuvo en cuenta la consideración del literal (g), donde aconseja suspender la perforación en proyectos de complejidad I <sup>(\*)</sup>, al llegar a encontrar materiales de roca firme, aglomerados rocosos o capas de suelo asimilables a rocas. Nuestros materiales clasifican en este tipo de suelos debido a que se tiene registro de la zona donde el estrato geológico demuestra una secuencia de suelos formados por un conglomerado de bolos con un tamaño superior a 3". Para las perforaciones efectuadas en el estudio y los valores encontrados en las pruebas de carga, los materiales encontrados se consideran semejantes a los descritos en el numeral del código. ✓

Los valores de ángulo de fricción de los materiales encontrados a través de la perforación, se establecieron a partir de la composición granulométrica y consistencia de los mismos.

Para arcillas:

Tabla 1. Correlación entre pruebas SPT y valores de resistencia de suelos arcillosos

OCR	N. GOLPES (SPT)	Qu (KG/CM <sup>2</sup> )	DESCRIPCION	ANGULO DE FRICCION	E (KG/CM <sup>2</sup> )
NC	> 2	<0.25	Muy blanda	0	3
NC	2 - 4	0.25 - 0.50	Blanda	0 - 2	30
NC	4 - 8	0.5 - 1.0	Media	2 - 4	45 - 90
NC	8 - 15	1.0 - 2.0	Compacta	4 - 6	90 - 200
>OCR	15 - 30	2.0 - 4.0	Muy compacta	6 - 12	> 200
>OCR	> 30	>4.0	Dura	> 14	

NC: Normalmente consolidados

OCR: Suelos sobreconsolidados

SPT: Ensayo Stándar Penetration Test

149  
 200

Para arenas:

Tabla 2. Correlación entre pruebas SPT y valores de resistencia de suelos arenosos.

N(SPT)	DESCRIPCION	VALOR CR	ANG. FRICCION	E (KG/CM <sup>2</sup> )
0 - 4	Muy floja	0 - 15	28	100
5 - 10	Floja	16 - 35	28 - 30	100 - 250
11 - 30	Media	36 - 65	30 - 36	250 - 500
31 - 50	Densa	66 - 85	36 - 41	500 - 1000
> 50	Muy densa	86 - 100	41	> 1000

E: Modulo de Young

CR: Compactación relativa

## 6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

### 6.1. Capacidad de carga:

Con base en las propiedades geotécnicas, físicas y mecánicas del subsuelo y en las características estructurales del proyecto, se han tenido en cuenta los valores de capacidad portante encontrados en las pruebas in situ y en las de Laboratorio.

El calculo de la capacidad portante se realizo considerando el suelo cohesivo presente en los estratos y con las recomendaciones del capitulo H en el numeral 4.1.4 de la norma NSR-98. La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$q_u = c N_c + q N_q + 0.5yBN_y$$

Donde:

- $q_u$  capacidad de carga ultima (Kg/Cm<sup>2</sup>)
- $c$  cohesión del estrato de fundación (Kg/cm<sup>2</sup>)
- $N_c, N_q, N_y$  coeficientes de capacidad de carga adimensionales.
- $B$  ancho de cimiento asumido (cm)
- $y$  peso especifico del suelo en el cual esta el cimiento. (gr/cm<sup>3</sup>)

142 / ~~142~~  
219

La capacidad de carga admisible se calculo considerando un factor de seguridad de tres que es el recomendado por la norma para prevenir la falla por capacidad portante.

Los valores de capacidad portante se encuentran registrados en el cuadro resumen del ensayo de penetración Standard con sus respectivas profundidades, número de sondeo y tipo de suelo ensayado.

Se trabajo sobre el valor más crítico de la prueba de penetración estándar, sobre la cual el especialista en el área estará dispuesto a desarrollar la aplicación de las condiciones para el diseño estructural.

Para el cálculo de carga última y admisible además del tipo de cimentación que vaya a escoger el Ingeniero Calculista, se recomienda utilizar un factor de seguridad de tres, FS = 3.

### 6.2. Cálculo de asentamientos:

Este cálculo esta basado en la prueba de penetración estándar realizada en terreno. La teoría utilizada es la de Meyerhof (1975), la cual toma en cuenta la siguiente expresión:

$$S = q \times C_1 \times K_B \times K_D \times K_w.$$

Donde:  $q$  = esfuerzo efectivo

$$C_1 = 5.08 / \text{número de golpes S.P.T.}$$

$K_B, K_D, K_w$ , factores que dependen de ancho de cimiento y profundidad de Cimentación.

Los asentamientos en suelos cohesivo-friccionantes se presentan inmediatamente después de este ser cargado el sector de construcción, a diferencia de los suelos cohesivos para los cuales el período de respuesta es más lento. Para su análisis pueden ser apreciablemente reducidos, sin embargo hay que estimarlos con precisión porque la mayoría de las estructuras son mas sensibles a los asentamientos rápidos de distorsión que a los lentos, hasta el punto que el

142  
28

diseño en este tipo de suelos resulta regido por el criterio de asentamiento. Es importante contar con estos valores para la carga estructural dimensionada para el proyecto.

Adicionalmente tener en cuenta el factor de cargas vivas, el rebote elástico del terreno frente a las excavaciones previstas y los demás factores de diseño, tales como topografía, niveles freáticos (si se llegarán a presentar), y obras anexas a la nueva estructura.

### 6.3. ESTRATIFICACIÓN Y GENERALIDADES DEL SUBSUELO

En la actividad de perforación se encontraron estratos continuos pertenecientes al horizonte "A" (hasta -1.50 mts; estratos afectados por los fenómenos naturales superficiales) y horizonte "B" (de -1.50 en adelante; estratos afectados por las propiedades mecánicas del subsuelo). Su caracterización es de tipo sub-horizontal, presentando la misma secuencia de capas. EL TIPO DE SUELO TIENE UN POTENCIAL DE EXPANSION BAJO, Y NO REPRESENTA PROBLEMA EN LA ESTRUCTURA.

### 6.4. EFECTOS LOCALES PARA DISEÑO ANTISÍSMICO

Teniendo en cuenta el Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes (NSR 98) se realiza la siguiente caracterización:

La edificación se encuentra dentro de la zona No. 7, de amenaza sísmica alta, y con un coeficiente de aceleración pico efectiva para diseño de  $A_a = 0.30$ , se clasifica como un perfil de suelo  $S_{2b}$ , donde existen depósitos estables de suelos de consistencia media, compuestos por materiales con una velocidad de la onda de cortante cuyo valor esta entre 270 y 400 m/seg. Coeficiente de sitio,  $S = 1.2$ .

~~146~~  
146  
212

Según el numeral A-2.5.2. Coeficiente de Importancia, de acuerdo al grupo de uso al cual-esta asignada la edificación, el valor de  $I = 1.0$ , el cual modifica el espectro de diseño; así mismo se determina que Villavicencio se encuentra en la zona 4 del mapa de amenaza eólica (velocidad del viento básico), donde el valor a tener en cuenta es de 120 Km/h.

~~195~~  
214

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se han encontrado dos tipos de suelo clasificados como Arcillas inorganicas de plasticidad media - color café y Gravas arcillosas con algo de arenas color café claro con betas rojizas.; encontrándose a un nivel de 6,20 mts promedio partículas de conglomerado de bolos de gran tamaño de origen aluvial.

Durante la ejecución de las perforaciones, se identifico la existencia de nivel freático en la Supermanzana 9 a 1.60 mts y 0.80 mts respecto a la cota de terreno.

Con los datos encontrados en este informe la cota de cimentación recomendada por nuestro Laboratorio estaría ubicado a 0.40 mts con respecto al nivel del terreno existente, en donde se estimula una capacidad de carga admisible entre (1.23 – 1.52 Kg/cm<sup>2</sup>).

El sistema de fundación recomendado para el diseño estructural, teniendo en cuenta las capacidades de carga de las pruebas de Laboratorio, y los chequeos efectuados en cuanto a factor carga y factor asentamiento a diferentes profundidades, corresponde a una cimentación superficial, constituida por concreto ciclópeo de 30x40cm y vigas de amarre de 15x25cm, trabajando directamente sobre el estrato correspondiente; debido a que no se esperan asentamientos mayores, y por consiguiente no se requiere de alto grado de dureza.

Se debe diseñar un sistema para que el suelo compense la carga combinada de la nueva estructura. De esta manera al cargar la superestructura se debe asegurar que la presión de carga sea uniforme sobre el área de cimentación.

~~149~~  
215

Con el objeto de mejorar las condiciones del estrato natural se recomienda compactar manualmente con pisón donde se localice la cota de cimentación con el objeto de liberar los vacíos generados durante el proceso de excavación.

En el caso de necesitar materiales de relleno, se podría utilizar el proveniente de la excavación, siempre y cuando no se encuentre en estado de saturación. En caso contrario, se recomienda utilizar material de río no cohesivo debidamente conformado y compactado por los métodos convencionales.

Es importante que el Ingeniero Calculista, tenga en cuenta para la cota de cimentación la capacidad portante del terreno; el análisis de asentamientos; el uso adecuado del sistema de cimentación; el perfil estratigráfico del presente estudio; las recomendaciones de mejoramiento del suelo y las especificaciones contempladas en la NSR-98.

#### **7.1. Manejo del agua de infiltración y la carga hidráulica de la zona contigua.**

Por tratarse de construcciones de edificaciones de ocupación normal, y en caso de construir en época de invierno, para contrarrestar los efectos del agua, debe tenerse en cuenta las obras de drenaje periféricas y la disposición de motobombas con el objeto de evitar la saturación del suelo en el sector contiguo a la fuente hídrica. Además, para los concretos utilizados en la fundación se recomiendan aditivos impermeabilizantes.

**Nota:** El presente estudio esta limitado por las condiciones actuales del terreno y el factor clima reinante en la zona en el momento de realizar las perforaciones. Cualquier cambio representativo en las condiciones del mismo, se debe informar a la persona especialista para analizar y evaluar dichos parámetros adicionales.

**IG E.U.**  
**INGEGAR INGENIERIA E.U.**

Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos  
Nit. 900055611-1

146  
143

21A

Las condiciones expuestas en este informe están contempladas en las características que presentaron los materiales, y el posible comportamiento que puedan tener en el proceso constructivo de la obra.

Atentamente



  
**HECTOR FERNANDO GARCIA**

Ingeniero Civil

M.P No. 25202-087708 CND